

**Indutores de Resistência na
Qualidade de Citros de Mesa**



ISSN 1678-2518

Dezembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 277

Indutores de Resistência na Qualidade de Citros de Mesa

Marines Batalha Moreno Kirinus
Roberto Pedroso de Oliveira
Marcelo Barbosa Malgarim

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson, Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto: *Bárbara C. Cosenza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Nathália Coelho (estagiária)*

Foto de capa: *Roberto Pedroso de Oliveira*

1ª edição

Obra digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

K58i Kirinus, Marines Batalha Moreno
Indutores de resistência na qualidade de citros de
mesa / Marines Batalha Moreno Kirinus, Roberto Pedroso
de Oliveira, Marcelo Barbosa Malgarim. – Pelotas:
Embrapa Clima Temperado, 2017.
59 p. (Boletim / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1678-2518 ; 277)

1. Citricultura. 2. Fruta cítrica. 4. Fruto.
5. Qualidade. 6. Mofo verde. I. Oliveira, Roberto
Pedroso de. II. Malgarim, Marcelo Barbosa.
III. Título. IV. Série.

CDD 634.3

©Embrapa 2017

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	23
Conclusões	48
Referências	50

Indutores de Resistência na Qualidade de Citros de Mesa

Marines Batalha Moreno Kirinus¹

Roberto Pedroso de Oliveira²

Marcelo Barbosa Malgarim³

Resumo

A citricultura brasileira é um dos principais agronegócios do Brasil e do mundo, no entanto enfrenta sérios problemas relacionados à qualidade dos frutos destinados ao mercado in natura, especialmente decorrentes de pragas. Perdas expressivas ocorrem durante o cultivo, pré-colheita e pós-colheita dos citros, nesse último caso tendo destaque as ocasionadas pelo bolor verde (*Penicillium digitatum* Sacc.). Nesse contexto, o uso de indutores de resistência sistêmica tem sido considerado alternativa importante para minimizar o uso de agrotóxicos tradicionais. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do uso de indutores de resistência na qualidade dos frutos de duas cultivares de citros e no controle do bolor verde. As cultivares avaliadas foram a laranjeira de umbigo 'Navelina' e o híbrido tangoreiro 'Ortanique', e os indutores de resistência acibenzolar-S-metil, metil-jasmonato, selênio, silício, tiametoxam e imidacloprido. As principais variáveis analisadas foram: coloração dos frutos, perda de massa fresca, índice de podridões, sólidos solúveis, pH, acidez, teor

¹Engenheira-agrônoma, D. Sc. em Agronomia, Pelotas, RS.

²Engenheiro-agrônomo, D. Sc. em Ciências, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

³Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia, professor da UFPel, Pelotas, RS.

de ácido ascórbico, compostos fenólicos, capacidade antioxidante, incidência de bolor verde, período latente, taxa da expansão da lesão, severidade do bolor verde, taxa de expansão da área esporulante, severidade de esporos, área abaixo da curva do progresso da doença e área abaixo da curva de progresso da esporulação. Em ambas as cultivares, verificou-se efeito positivo da aplicação dos indutores de resistência, proporcionando aumento dos compostos bioativos, tanto na casca quanto na polpa, com resultados distintos na qualidade dos frutos, comentados no presente trabalho. A aplicação de indutores de resistência também foi eficiente na redução da incidência de bolor verde em frutos de 'Navelina' e 'Ortanique', com destaque na redução da severidade da doença com o uso de selênio e silício.

Termos para indexação: citricultura, laranja 'Navelina', tangor 'Ortanique', resistência sistêmica adquirida, bolor verde.

Plant Defense Inducers in the Quality of Table Citrus

Abstract

*Brazilian citriculture is one of the main agribusinesses in Brazil and in the world. However, it faces serious problems related to the quality of the fruits destined to the in natura market, especially due to pests. Significant losses occur during the cultivation, pre-harvest and post-harvest of citrus, in this case losses mainly caused by green mold (*Penicillium digitatum* Sacc.). In this context, the use of plant defense inducers is considered an important alternative to minimize the use of traditional pesticides. The objective of this study was to evaluate the effect of resistance inducers on fruit quality of two citrus cultivars and on green mold control. The cultivars evaluated were 'Navelina' navel orange and 'Ortanique' tangor and the resistance inducers were acibenzolar-S-methyl, methyl jasmonate, selenium, silicon, thiamethoxam, and imidacloprid. The main variables analyzed were: fruit staining, loss of fresh mass, rot index, soluble solids, pH, acidity, ascorbic acid content, phenolic compounds, antioxidant capacity, green mold incidence, latent period, rate of lesion expansion, green mold severity, sporulation area expansion rate, spore severity, area below the disease progression curve and area below the sporulation progress curve. In both cultivars, there was a positive effect of the plant defense inducers application, increasing the bioactive compounds, both in the bark and in the pulp, with different results*

in the quality of the fruits, mentioned in the present study. The application of resistance inducers was also efficient in reducing the incidence of green mold on fruits of 'Navelina' and 'Ortanique', with emphasis on reducing the severity of the disease with the use of selenium and silicon.

Index terms: *citriculture, 'Navelina' orange, 'Ortanique' tangor, systemic acquired resistance, green mold.*

Introdução

A citricultura brasileira é uma das maiores do mundo, sendo o País responsável por 31,4% da produção mundial de laranja, 6,4% dos limões verdadeiros e limas ácidas e 3,3% das tangerinas (AGRIANUAL, 2017). Embora concentrada no Estado de São Paulo, a cultura dos citros é desenvolvida comercialmente em todo o País, sendo parte dos frutos processada na forma de suco, especialmente as laranjas, e a restante consumida in natura, sendo uma das bases da dieta alimentar de brasileiros de todas as classes sociais (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2014).

Nos sistemas utilizados para o cultivo de citros, as pragas e as doenças, com destaque para o cancro cítrico, Huanglongbing (HLB), Clorose Variegada dos Citros (CVC), leprose, pinta-preta, podridão floral, podridões dos frutos, ácaros, cigarrinhas, pulgões, moscas-das-frutas, larva-minadora, bolor verde, dentre outras, são fatores bióticos que afetam significativamente a produtividade dos pomares e a qualidade das frutas (AGROLINK, 2017; FUNDECITRUS, 2017). Seu controle, notadamente por defensivos agrícolas, com destaque para fungicidas, acaricidas e inseticidas, representa custo expressivo para a cultura (IEA, 2015). Segundo o Agrianual (2017), as despesas com o controle das pragas (defensivos e sua aplicação) representam aproximadamente 35% do custo de produção de citros. Além disso, também existem riscos relacionados à seleção de raças de patógenos resistentes pelo uso sistemático de defensivos e de contaminação do ambiente, dos aplicadores desses produtos e dos consumidores de frutas, mesmo que minimizados pelo uso dos princípios da produção integrada (OLIVEIRA et al., 2016).

Embora o uso de defensivos agrícolas, de cultivares tolerantes/resistentes e de práticas culturais que minimizem as condições favoráveis às pragas sejam as formas mais comumente utilizadas no manejo fitossanitário, nos últimos anos, a indução de resistência

sistêmica adquirida tem surgido como tecnologia promissora. Seu fundamento teórico envolve a ativação de mecanismos de resistência latentes nas plantas em resposta ao tratamento prévio com agentes bióticos e/ou abióticos (CAMARGO; BERGAMIN FILHO, 1995). Tal processo envolve uma série de reações bioquímicas e fisiológicas, que desencadeiam a produção de diversos metabólitos secundários (HALL et al., 2011). Uma vez ativados os mecanismos de resistência, pode-se conferir longa duração na proteção contra um amplo espectro de microrganismos (DAVID et al., 2010).

As substâncias mais comumente reportadas na literatura com efeito na indução da resistência sistêmica adquirida são: acibenzolar-S-metil, metil-jasmonato, selênio, silício e os neonicotinoides (FRENCH-MONAR et al., 2010; BECVORT, 2011; CAI et al., 2011; GRAHAM; MYERS, 2011, 2013; QUAGLIA et al., 2011; SAYYARI et al., 2011; TESFAY et al., 2011; CAO et al. 2012; OLIVEIRA et al., 2012; SCHULTZ, 2012; ZHAO et al., 2012; ANDRADE et al., 2013; ASMAR et al., 2013; ROCHA NETO et al., 2015; BAGIO et al., 2016; WONG, 2017).

O acibenzolar-S-metil (BION® 500WG ou BTH) é um análogo funcional do ácido salicílico, capaz de ativar defesas nas plantas, tais como proteínas relacionadas à patogênese. Seu efeito foi comprovado em maçã (QUAGLIA et al., 2011) e em citros (GRAHAM; MYERS, 2011; NETO et al., 2015).

O metil-jasmonato é um metil éster do fito-hormônio ácido jasmônico, que interfere em processos fisiológicos e/ou bioquímicos, como verificado em nêspera (CAI et al., 2011; CAO et al., 2012), romã (SAYYARI et al., 2011) e banana (ZHAO et al., 2012).

O selênio é absorvido e transportado pelas plantas na forma de selenito, apresenta elevada capacidade antioxidante e de indução do sistema de defesa das plantas (BECVORT, 2011).

O silício desempenha várias funções no crescimento e no desenvolvimento celular, combinando barreiras físicas e químicas, como a lignificação da parede celular e a indução de várias proteínas de defesa (FRENCH-MONAR, 2010; SCHULTZ, 2012), como observado em abacate (TESFAY et al., 2011), algodoeiro (OLIVEIRA et al., 2012), café (ASMAR et al., 2013) e tomate (ANDRADE et al., 2013).

Os neonicotinoides imidacloprido e tiametoxam têm sido relatados como indutores de resistência sistêmica adquirida em plantas cítricas, por promoverem aumento de compostos bioativos por meio do aumento da biossíntese de enzimas (GRAHAM; MYRES, 2011, 2013; BAGIO et al., 2016). Deve-se ressaltar que, embora sejam menos tóxicos que muitos outros inseticidas, são proibidos em alguns países por provocarem a morte de abelhas (WONG, 2017).

No contexto citado, o presente trabalho teve por objetivo otimizar a qualidade de frutos cítricos de mesa e de reduzir danos causados pelo bolor verde nas fases de armazenamento e comercialização, por meio da aplicação de indutores de resistência na fase de pré-colheita.

Material e Métodos

Foram instalados três experimentos para avaliar o efeito dos indutores de resistência na qualidade dos frutos de citros de mesa, sendo um com a cultivar de laranjeira de umbigo 'Navelina' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] (Experimento 1) e dois com o híbrido 'Ortanique' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *C. reticulata* Blanco] (Experimentos 2 e 3), cujo detalhamento é apresentado a seguir:

Experimento 1. Efeito de indutores de resistência na qualidade de frutos de laranja ‘Navelina’

Cultivar: ‘Navelina’.

Localização do experimento: pomar comercial do produtor rural Luiz Felipe Dummer, localizado em Santa Silvana, 6º distrito do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, nas coordenadas 31°25’58”S e 52°16’58”O, a 193 metros de altitude.

Safras avaliadas: 2015 e 2016.

Descrição do solo do pomar: moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006).

Descrição do clima local: classificação climática do tipo “Cfa” (KÖPPEN; GEIGER, 1928), ou seja, temperado ou subtropical úmido com verões quentes e precipitação média anual de 1.582 mm, com temperatura média anual de 17,7°C e umidade relativa média anual de 78,8% (INMET, 2016).

Descrição das plantas: quatro anos de idade enxertadas sobre Trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], espaçadas por 6 metros entre linhas e 4 metros entre plantas.

Sistema de cultivo: manejo das plantas adotando as normas de produção integrada para citros (AZEVEDO et al., 2010).

Tratamentos testados com indutores de resistência: sem indutor (testemunha, água); selênio (Se, 10 mg L⁻¹), silício (Si, 400 mg L⁻¹), acibenzolar-S-metil (ASM, 100 mg L⁻¹), metil jasmonato (MeJa, 10 mg L⁻¹), tiametoxam (TMT, 2.000 mg L⁻¹) e imidacloprido (IMI, 714 mg L⁻¹).

Delineamento experimental: blocos completamente casualizados, com cinco repetições, sendo três plantas por parcela, avaliando-se a planta central, em esquema unifatorial.

Metodologia de aplicação: três aplicações dos indutores de resistência no pomar com intervalo de 15 dias, aos 45, 30 e 15 dias antes da colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados por aspersão, utilizando pulverizador costal (Guarani®), bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200 μ) em toda a copa da planta, evitando-se o escorrimento. Foram adicionados 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77®. Para os indutores Se, TMT e IMI foram preparadas caldas com água para cada produto e aplicadas no solo, ao redor da copa das plantas.

Colheita: foi feita quando os frutos atingiram o estágio de maturação comercial, sendo colhidos aleatoriamente nos quatro quadrantes da copa, sendo depositados em caixas plásticas limpas e higienizadas, e, assim, foram levados ao laboratório.

Local das análises de laboratório: Laboratório Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (Ufpel).

Preparo dos frutos no laboratório: os frutos passaram por processo de pré-seleção, visando padronização, sendo removidos os danificados. Em seguida, foram submetidos à pré-resfriamento ($15\pm 2^{\circ}\text{C}$), por 24 horas.

Delineamento experimental no laboratório: foi em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores de resistência descritos anteriormente e o fator B pelo período de armazenamento (zero e 30 dias). O tempo zero correspondeu aos frutos que não foram submetidos ao armazenamento.

Armazenamento refrigerado: o período de armazenamento de 30 dias ocorreu em câmara fria a 5 ± 1 °C, sob umidade relativa entre 85% e 95%. Após a retirada dos frutos da câmara fria, esses passaram por simulação de tempo de comercialização de 7 dias a 20 ± 1 °C. Para cada tratamento, utilizaram-se três repetições com 20 frutos cada, sendo a mesma quantidade destinada ao armazenamento refrigerado, totalizando 840 frutos.

Análises realizadas

Coloração dos frutos: foi feita com colorímetro Minolta CR-300, com sistema de leitura CIE $L^* a^* b^*$, sendo a tonalidade cromática, representada pelo ângulo hue (h°), calculada através da fórmula arco tangente b^*/a^* . O resultado dessa equação, expresso em radianos, foi convertido em graus (MINOLTA, 1994).

Perda de massa fresca: foi obtida pela diferença entre a massa inicial e a final do período de armazenamento refrigerado dos frutos, sendo os valores expressos em percentagem (%).

Índice de podridões: foi estabelecido pela percentagem de frutos atacados por patógenos por meio de análise visual dos frutos, onde frutos com lesão maior ou igual a 5 mm foram considerados como podres, sendo realizada após 30 dias de armazenamento refrigerado.

Sólidos solúveis (SS): foram quantificados com refratômetro digital (ATAGO®), modelo PAL-1, sendo os resultados expressos em °Brix.

Potencial hidrogeniônico (pH): foi feita com pHmetro digital (Digimed®).

Acidez titulável (AT): utilizou-se 10 mL de suco de laranja diluído em 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi feita com o auxílio de bureta digital (Brand®), introduzindo-se solução de hidróxido

de sódio (0,1 N) até atingir pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em percentual de ácido cítrico. A razão SS/AT do suco das laranjas foi expressa pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Ácido ascórbico: foi quantificado através do método oficial da AOAC (2005), por titulação oxidativa com 2,6-Diclorofenol Indofenol (DCFI), no qual o ponto da titulação foi detectado pelo aparecimento da coloração rosada no titulado, sendo o resultado expresso em mg de ácido ascórbico por 100 g da amostra (LEME; MALAVOLTA, 1950; JACOBS, 1958).

Compostos fenólicos totais: foram quantificados utilizando o reagente Folin-Ciocalteau, conforme método descrito por Swain e Hills (1959), expressos em mg de equivalente ao ácido clorogênico (EAC) por 100 g.

Capacidade antioxidante: foi determinada através de espectrofotometria, segundo método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), onde os resultados foram expressos em μg de capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) g^{-1} .

Análise estatística: os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Em caso de significância, os efeitos dos indutores de resistência foram analisados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e o período de armazenamento pelo teste t ($p \leq 0,05$). Para comparar a testemunha com os indutores de resistência, realizou-se o teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). A presença de correlações entre as variáveis dependentes do estudo foi analisada através do coeficiente de correlação de Pearson (r) ($p < 0,0001$).

Experimento 2. Efeito de indutores de resistência na qualidade de frutos do híbrido 'Ortanique'

Cultivar: 'Ortanique'.

Localização do experimento: pomar comercial do produtor rural Marcos Luiz Belletti Cavallin, localizado em Monte Bonito, 9º distrito do município de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, nas coordenadas 31°40'47"S e 52°26'24"O, a 60 m de altitude.

Safras avaliadas: 2015 e 2016.

Descrição do solo do pomar: moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006).

Descrição do clima local: classificação climática do tipo "Cfa", ou seja, temperado ou subtropical úmido com verões quentes (KÖPPEN; GEIGER, 1928), com precipitação média anual de 1.590 mm, temperatura média anual de 18,4 °C e umidade relativa média anual de 78,8% (INMET, 2016).

Descrição das plantas: seis anos de idade enxertadas sobre Trifoliata [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], espaçadas por 5 metros entre linhas e 4 metros entre plantas.

Sistema de cultivo: manejo das plantas adotando as normas de produção integrada para citros (AZEVEDO et al., 2010).

Tratamentos testados com indutores de resistência: sem indutor (testemunha, água); selênio (Se, 10 mg L⁻¹), silício (Si, 400 mg L⁻¹), acibenzolar-S-metil (ASM, 100 mg L⁻¹), metil jasmonato (MeJa, 10 mg L⁻¹), tiametoxam (TMT, 2.000 mg L⁻¹) e imidacloprido (IMI, 714 mg L⁻¹).

Delineamento experimental: blocos completamente casualizados, com cinco repetições, sendo três plantas por parcela, avaliando-se a planta central, em esquema unifatorial.

Metodologia de aplicação: três aplicações dos indutores de resistência no pomar com intervalo de 15 dias, aos 45, 30 e 15 dias antes da colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados por aspersão, utilizando pulverizador costal (Guarani®), bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200 μ) em toda a copa da planta, evitando-se o escorrimento. Foram adicionados 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77®. Para os indutores Se, TMT e IMI foram preparadas caldas com água para cada produto e aplicadas no solo, ao redor da copa das plantas.

Colheita: foi feita quando os frutos atingiram o estágio de maturação comercial, sendo colhidos aleatoriamente nos quatro quadrantes da copa, sendo depositados em caixas plásticas limpas e higienizadas, e, assim, foram levados ao laboratório.

Local das análises de laboratório: Laboratório Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI).

Preparo dos frutos no laboratório: os frutos passaram por processo de pré-seleção, visando padronização, sendo removidos os danificados. Em seguida, foram submetidos à pré-resfriamento ($15\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 24 horas.

Delineamento experimental no laboratório: foi em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores de resistência descritos anteriormente e o fator B pelo período de armazenamento (zero e 30 dias). O tempo zero correspondeu aos frutos que não foram submetidos ao armazenamento.

Armazenamento refrigerado: o período de armazenamento de 30 dias ocorreu em câmara fria a 5 ± 1 °C, sob umidade relativa entre 85 e 95%. Após a retirada dos frutos da câmara fria, esses passaram por simulação de tempo de comercialização de 7 dias a 20 ± 1 °C. Para cada tratamento, utilizaram-se três repetições com 20 frutos cada, sendo a mesma quantidade destinada ao armazenamento refrigerado, totalizando 840 frutos.

Análises realizadas:

Coloração dos frutos: foi feita com colorímetro Minolta CR-300, com sistema de leitura CIE $L^* a^* b^*$, sendo a tonalidade cromática, representada pelo ângulo hue (h°), calculada através da fórmula arco tangente b^*/a . O resultado dessa equação, expresso em radianos, foi convertido em graus (MINOLTA, 1994).

Perda de massa fresca: foi obtida pela diferença entre a massa inicial e a final do período de armazenamento refrigerado dos frutos, sendo os valores expressos em percentagem (%).

Índice de podridões: foi estabelecido pela percentagem de frutos atacados por patógenos por meio de análise visual dos frutos, onde frutos com lesão maior ou igual a 5 mm foram considerados como podres, sendo realizada após 30 dias de armazenamento refrigerado.

Análise de sólidos solúveis (SS): foram quantificados com refratômetro digital (ATAGO®), modelo PAL-1, sendo os resultados expressos em °Brix.

Potencial hidrogeniônico (pH): foi feita com pHmetro digital (Digimed®).

Acidez titulável (AT): utilizou-se 10 mL de suco de laranja diluído em 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi feita com o auxílio

de bureta digital (Brand®), introduzindo-se solução de hidróxido de sódio (0,1 N) até atingir pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em percentual de ácido cítrico. A razão SS/AT do suco das laranjas foi expressa pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Ácido ascórbico: foi quantificado através do método oficial da AOAC (2005), por titulação oxidativa com 2,6-Diclorofenol Indofenol (DCFI), no qual o ponto da titulação foi detectado pelo aparecimento da coloração rosada no titulado, sendo o resultado expresso em mg de ácido ascórbico por 100 g da amostra (LEME; MALAVOLTA, 1950; JACOBS, 1958).

Compostos fenólicos totais: foram quantificados utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, conforme método descrito por Swain e Hillis (1959), expressos em mg de equivalente ao ácido clorogênico (EAC) por 100 g.

Capacidade antioxidante: foi determinada através de espectrofotometria, segundo método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), onde os resultados foram expressos em μg de capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) g^{-1} .

Análise estatística: os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Em caso de significância, os efeitos dos indutores de resistência foram analisados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e o período de armazenamento pelo teste t ($p \leq 0,05$). Para comparar a testemunha com os indutores de resistência, realizou-se o teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). A presença de correlações entre as variáveis dependentes do estudo foi analisada através do coeficiente de correlação de Pearson (r) ($p < 0,0001$).

Experimento 3. Efeito de indutores de resistência no controle de *Penicillium digitatum*

Cultivares: ‘Ortanique’ e ‘Navelina’.

Descrição dos pomares onde os frutos foram coletados: o pomar de laranja de umbigo ‘Navelina’ está localizado em Santa Silvana, 6º distrito de Pelotas (31°25’58”S, 52°16’58”O e 193 m de altitude) e o pomar de ‘Ortanique’ localiza-se em Monte Bonito, 9º distrito de Pelotas (31°40’47”S, 52°26’24”O e 60 metros de altitude). O solo desses locais é moderadamente profundo, com textura média no horizonte A e argilosa no B, classificados como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006). O clima da região é do tipo “Cfa”, ou seja, temperado ou subtropical úmido com verões quentes (KÖPPEN; GEIGER, 1928), com precipitação média anual de 1.590 mm, temperatura média anual de 18,4°C e umidade relativa média anual de 78,8% (INMET, 2016).

Safras avaliadas: 2015 e 2016.

Sistema de cultivo: manejo das plantas adotando as normas de produção integrada para citros (AZEVEDO et al., 2010).

Tratamentos testados com indutores de resistência: sem indutor (testemunha, água); selênio (Se, 10 mg L⁻¹), silício (Si, 400 mg L⁻¹), acibenzolar-S-metil (ASM, 100 mg L⁻¹), metil jasmonato (MeJa, 10 mg L⁻¹), tiametoxam (TMT, 2.000 mg L⁻¹) e imidacloprido (IMI, 714 mg L⁻¹).

Delineamento experimental: blocos completamente casualizados, com cinco repetições, sendo três plantas por parcela, avaliando-se a planta central, em esquema unifatorial.

Metodologia de aplicação: três aplicações dos indutores de resistência no pomar com intervalo de 15 dias, aos 45, 30 e 15 dias antes da

colheita. Os produtos Si, ASM e MeJa foram aplicados por aspersão, utilizando pulverizador costal (Guarani®), bico tipo leque e tamanho de gota fina (101-200 μ) em toda a copa da planta, evitando-se o escorrimento. Foram adicionados 0,1% de espalhante adesivo não iônico Silwet L-77®. Para os indutores Se, TMT e IMI foram preparadas caldas com água para cada produto e aplicadas no solo, ao redor da copa das plantas.

Colheita: foi feita quando os frutos atingiram o estágio de maturação comercial, sendo colhidos aleatoriamente nos quatro quadrantes da copa, sendo depositados em caixas plásticas limpas e higienizadas, e, assim, foram levados ao laboratório.

Local das análises de laboratório: Laboratório Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutas, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Preparo dos frutos no laboratório: os frutos passaram por processo de pré-seleção, visando padronização, sendo removidos os danificados. Em seguida, foram submetidos à pré-resfriamento ($15 \pm 2^\circ\text{C}$) por 24 horas. Posteriormente, foram higienizados com hipoclorito de sódio a 200 mg L⁻¹, pH 6,0, por 10 minutos em temperatura ambiente, sendo lavados com água destilada e secos com ventilação forçada de ar.

Fungo utilizado: o isolado fúngico utilizado no estudo foi obtido de frutos sintomáticos coletados em pomar comercial da região de Pelotas, RS. Para a preservação e cultivo do fungo, utilizou-se meio de cultivo a base de batata-dextrose-agar (BDA) (Fluka, Sigma, USA), sendo mantido em câmara de crescimento a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas. Para confirmar a identidade do isolado, regiões ITS foram sequenciadas utilizando par de *primers* ITS1_KYO2 e ITS4, resultando em um único fragmento bem definido com tamanho (621bp). A comparação da sequência obtida contra a base de dados apresentou 99% de identidade, com cobertura de 96% dos

621bp da sequência consenso gerada contra a região ITS1-4 do gene 18S rRNA para espécie do gênero *Penicillium digitatum*.

Delineamento experimental no laboratório: foi em esquema bifatorial, onde o fator A foi composto pelos mesmos indutores de resistência descritos anteriormente e o fator B pelas cultivares Navelina e Ortanique. Foram utilizadas 30 repetições por tratamento, sendo que cada repetição foi representada por um fruto. Em todos os frutos foi feito um ferimento (diâmetro de 0,5 mm e profundidade de 2 a 3 mm) com o auxílio de uma agulha na região equatorial, o qual foi sinalizado com caneta esferográfica azul na forma de círculo ao redor do ferimento. No local, inoculou-se 10 µL de suspensão de esporos de *P. digitatum* (1×10^6 conídios mL⁻¹), depositados na região equatorial dos frutos. Os frutos foram acondicionados em bandejas cobertas com embalagens de polietileno transparente de espessura de 0,30 mm, com água destilada ao fundo, formando câmara úmida, sendo mantidos em temperatura de 24±1 °C e umidade relativa de 90±5%. Desconsideraram-se os frutos com infecção oriunda do campo e os danificados por insetos e/ou pelo transporte.

Variáveis analisadas: incidência da doença, período latente, taxa da expansão da lesão, severidade da doença, taxa de expansão da área esporulante, severidade de esporos, área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) e área abaixo da curva de progresso da esporulação (AACPE). A incidência da doença foi avaliada pelo percentual de frutos que continham os sintomas de *P. digitatum*, ou seja, pela proporção de sintomas iniciais do bolor verde em um determinando intervalo de tempo, no caso 144 horas. O período latente foi compreendido como sendo o intervalo decorrido entre a inoculação e o aparecimento das primeiras estruturas reprodutivas do patógeno, como o crescimento micelial e a esporulação do *P. digitatum*, sendo as avaliações realizadas às 72, 96 e 120 horas após a inoculação e os resultados foram expressos em percentual. O percentual de frutos sadios foi estabelecido pela percentagem total

dos frutos subtraindo-se dos frutos com sintomas. A taxa de expansão da lesão, que indica a velocidade de colonização dos tecidos da planta pelo patógeno, foi calculada a partir das mensurações diárias de uma lesão pelo seu intervalo de tempo, durante 144 horas após o período de inoculação, utilizando paquímetro eletrônico digital (Stainless, Hardened, China). Da mesma forma, foi calculada, durante 144 horas após o período de inoculação, a taxa de expansão da área esporulante ou taxa de crescimento diário da esporulação de *P. digitatum*, sendo expressa em milímetros (mm). A severidade da doença foi determinada pelo cálculo da percentagem do comprimento do fruto lesionado (≤ 5 mm) em relação ao sadio, no último dia de avaliação, visando avaliar a gravidade do bolor verde para as espécies de citros estudadas. Com esses dados, calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) pela fórmula proposta por Shaner e Finney (1977), sendo esses valores expressos em milímetro quadrado (m^2), representando o tamanho acumulado das lesões que foram mensuradas diariamente.

Análise estatística: As safras de 2015 e de 2016 foram utilizadas como repetição. Os dados dos experimentos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Em caso de significância, o efeito dos indutores de resistência foi analisado pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e das cultivares pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Resultados e Discussão

Indutores de resistência na qualidade de frutos de laranja 'Navelina'

Para as variáveis relacionadas à coloração (L^* e b^*), sólidos solúveis (SS) e ácido ascórbico ocorreram interações entre os indutores

de resistência testados (Tabela 1). Já para a coloração expressa por a^* e pelo ângulo hue, pH, acidez titulável (AT) e razão SS/AT houve significância somente para o efeito principal do período de armazenamento (Tabela 4). Os indutores de resistência não alteraram a coloração de luminosidade das laranjas 'Navelina' expressas pela coordenada L^* em ambos os períodos de avaliação, no entanto diminuíram ao longo do período de armazenamento pelos processos degradativos, exceto para o indutor TMT. Com relação à testemunha, todos os indutores mantiveram os teores de luminosidade (L^*), à exceção do MeJa, no dia zero, o qual foi superior (Tabela 1). Como verificado no presente estudo, o efeito do período de armazenamento também reduziu os parâmetros de luminosidade dos frutos de 'Valência Delta' submetidos a indutores de resistência (PEREIRA et al., 2014). Ao investigar a eficácia do indutor MeJa aplicado na pré-colheita de mangas (*Mangifera indica* L.) constatou-se desenvolvimento uniforme da cor vermelha da casca após a colheita, ocorrendo aumento nos valores L^* e a^* (MUENGKAEW et al., 2016). Possivelmente, isso ocorre devido à ação do indutor MeJa na acumulação de determinadas proteínas relacionadas à patogênese, promovendo alterações metabólicas que mantêm a intensidade da coloração nas laranjas (BRINCEÑO et al., 2012).

Com relação à coloração da coordenada b^* , os maiores valores determinaram a intensidade do amarelo-alaranjado nas laranjas para os indutores Se, MeJa e IMI, no dia zero, não ocorrendo efeito significativo entre os indutores aos 30 dias de armazenamento refrigerado (Tabela 1). Para o efeito do armazenamento, os indutores ASM e TMT aumentaram a intensidade do b^* nos frutos. Quando comparados à testemunha, somente foram verificadas diferenças para ASM, TMT e IMI ao final do período de armazenamento. Em relação aos sólidos solúveis (SS) dos frutos de laranja 'Navelina' não houve diferença entre os indutores de resistência em ambos os períodos. No entanto, para o indutor ASM, ao longo do armazenamento, foi possível observar aumento nos valores dos açúcares. Também não

foram constatadas diferenças em relação à testemunha, nas duas avaliações (zero e 30 dias), não interferindo no metabolismo dos açúcares ao longo do armazenamento.

Os indutores de resistência aplicados não afetaram os teores de ácido ascórbico em cada período de armazenamento. Porém, para o ASM, o efeito do armazenamento refrigerado proporcionou um decréscimo desses teores, ocasionado degradação com o amadurecimento dos frutos. Os indutores Se e IMI apresentaram teores superiores de ácido ascórbico em relação à testemunha para os dois tempos de avaliação; já, o MeJA foi superior apenas aos 30+7 dias (Tabela 1). Ao armazenar laranjas 'Pera Bianchi' foram observados aumentos nos teores de ácido ascórbico de 48,89 mg por 100 mL aos 15 dias para 56,76 mg por 100 mL aos 45 dias de armazenamento (ROSA et al., 2016).

Para a coloração expressa pela coordenada a^* , os frutos passaram da coloração alaranjada para avermelhada ao longo do período de armazenamento, e, pelo ângulo hue, os frutos perderam a tonalidade amarela característica. Da mesma forma, o pH do suco das laranjas aumentou ao longo do armazenamento (Tabela 4). Com o amadurecimento, as laranjas perdem rapidamente a acidez e aumentam o pH, em função do gasto de íons de hidrogênios com a respiração e o amadurecimento (KOLLER, 2013).

Constatou-se redução dos teores de ácido cítrico e aumento da razão SS/AT com o tempo de armazenamento (Tabela 4), ou seja, ocorreu redução do sabor dos frutos. Nos estudos realizados com laranja 'Valência Delta' durante o armazenamento em temperatura ambiente, com a aplicação de recobrimento na pós-colheita, também ocorreu diminuição da acidez e aumento da razão SS/AT nas laranjas, enquanto a tonalidade cromática (ângulo hue) decresceu com o passar do tempo (PEREIRA et al., 2014).

Os indutores ASM e MeJa diferiram da testemunha, após 30 dias de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20 ± 1 °C) (Tabela 5). A aplicação do ácido salicílico induz a ativação da síntese de metabólitos secundários, promotores de resistência sistêmica, no entanto, não afeta a perda de biomassa fresca dos frutos (BORSATTI et al., 2015), corroborando com os resultados desse trabalho.

Quanto ao percentual de podridões após 30 dias de armazenamento refrigerado, os indutores ASM e TMT não diferiram da testemunha (Tabela 5). No entanto, os outros indutores avaliados foram eficientes no controle de podridões no período estudado, sinalizando respostas de defesa e indução de biossíntese de substâncias, gerando barreiras físicas e químicas. Em tangerinas do grupo das Satsumas, armazenadas a 14 ± 2 °C, a aplicação de indutores de resistência em pós-colheita reduziu significativamente a podridão durante os primeiros seis dias de armazenamento (ZHU et al., 2015).

Os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante quantificada tanto na casca quanto na polpa apresentaram interações entre os fatores de tratamento testados (Tabela 2). Para o teor de compostos fenólicos totais da polpa, no dia zero, observou-se que os indutores Si e ASM apresentaram teores superiores em relação aos demais indutores (Tabela 2). No entanto, aos 30 dias, não houve diferença significativa entre os indutores de resistência estudados. Ao comparar os indutores com a testemunha, observou-se que apenas o IMI não diferiu em ambos os períodos avaliados. Dessa forma, os indutores de resistência aumentam a demanda de enzimas para a biossíntese de compostos fenólicos necessários para combater os patógenos (OLIVEIRA et al., 2016).

Quanto aos compostos fenólicos da polpa, observou-se que não ocorreu diferença entre os indutores de resistência aplicados, tanto em zero quanto em 30 dias após o armazenamento

refrigerado. Da mesma forma, não foi observado efeito do período de armazenamento. No entanto, ao serem comparados com a testemunha, os indutores Se e Si apresentaram valores superiores nos dois períodos. A aplicação destes indutores na pós-colheita eleva os níveis de compostos fenólicos nos tecidos vegetais, que, muitas vezes, têm propriedades antioxidantes, que são altamente benéficas para os seres humanos (ROMANAZZI et al., 2016). Os indutores Se e Si conferem tolerância ao estresse oxidativo por reforço do sistema de defesa em plantas, pelo aumento da capacidade antioxidante (HASANUZZAMAN et al., 2014).

A capacidade antioxidante da polpa foi superior para os indutores Se, Si, MeJA e IMI, diferenciando-se dos demais no dia zero. Aos 30 dias, não ocorreram diferenças entre esses tratamentos (Tabela 2). Para todos os indutores avaliados, a redução na capacidade antioxidante das laranjas foi constatada ao serem armazenadas. No entanto, todos os indutores diferenciaram-se da testemunha no dia zero, enquanto aos 30 dias, apenas o TMT e o IMI. Os neonicotinoides induziram a defesa quanto a patógenos com aumento de compostos bioativos, por meio de incremento na biossíntese de enzimas, principalmente em plantas cítricas jovens, mantendo essa indução por um longo período (GRAHAM; MYERS, 2013).

A capacidade antioxidante da casca das laranjas, no dia zero, não apresentou diferença entre os indutores de resistência, no entanto, aos 30 dias, ocorreu a redução com a aplicação do indutor ASM. Assim como a capacidade antioxidante da polpa, na casca houve decréscimo com o tempo de armazenamento para todos os indutores. Teores superiores à testemunha foram observados, principalmente para os indutores Se, Si e IMI no tempo inicial (zero). A resistência induzida aumenta a síntese de compostos fenólicos nos tecidos das plantas, os quais possuem propriedades antioxidantes (WU et al., 2014).

Quanto às correlações, os resultados significativos foram entre compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, que evidenciaram o maior coeficiente de correlação positivo para todos os indutores utilizados (Tabela 3). Segundo Bhattacharjee (2012) e Sharma et al. (2012), isso confere aumento dos receptores presentes na membrana celular, mimetizando o fenômeno inevitável de vazamento de elétrons dos cloroplastos, mitocôndrias e membrana plasmática. Quando ocorreu aumento no teor de compostos fenólicos totais, igualmente foi verificado acréscimo na capacidade antioxidante das laranjas. Nesse contexto, para a associação entre compostos fenólicos e a capacidade antioxidante da polpa das laranjas, os indutores Si e ASM apresentaram coeficientes de correlação maiores que a testemunha. A aplicação de indutores de resistência na pré-colheita de tangerina 'Fortune' proporcionou aumento na expressão dos genes de defesa e a síntese dos compostos fenólicos (LLORENS et al., 2015).

Os indutores Se e Si proporcionaram coeficientes de correlação entre capacidade antioxidante na casca e na polpa superiores à testemunha, demonstrando que o Se e a Si promoveram aumento da capacidade antioxidante, e esta translocou-se da casca para a polpa das laranjas (Tabela 3). Esse comportamento deve-se ao elevado poder antioxidante que os compostos fenólicos apresentaram. Em laranjas 'Valência e 'Lanelate', ao serem aplicados indutores de resistência na pós-colheita como atividade curativa, também se observou aumento dos compostos bioativos em plantas cítricas (MOSCOSO-RAMÍREZ; PALOU, 2013).

Tabela 1. Coloração (L* e b*), teor de sólidos solúveis (°Brix) e teor de ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹) de frutos de laranja 'Navelina' em função de indutores de resistência, aplicados na pré-colheita e do período de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1 °C). Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores de resistência	L *		b *				Sólidos solúveis (°Brix)				Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)					
	Período de armazenamento (dias)															
	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30		
Testemunha	69,32	64,51	66,60	66,72	10,15	11,23	44,69	43,49								
Selênio	71,42 aA ^{ns}	66,48 aB ^{ns}	68,74 aA ^{ns}	68,62 aB ^{ns}	10,91 aA ^{ns}	11,58 aA ^{ns}	51,78 A [*]	49,44 aA [*]								
Silício	71,19 aA ^{ns}	66,88 aB ^{ns}	65,95 bA ^{ns}	69,43 aB ^{ns}	10,75 aA ^{ns}	11,06 aA ^{ns}	48,21 aA ^{ns}	46,72 aA ^{ns}								
Acibenzolar-S-metil	70,74 aA ^{ns}	67,17 aB ^{ns}	66,17 bB ^{ns}	72,20 aA [*]	10,16 aA ^{ns}	10,48 aA ^{ns}	48,36 aA ^{ns}	45,72 aB ^{ns}								
Metil Jasmonato	72,67 aA [*]	67,40 aB ^{ns}	68,48 abA ^{ns}	70,46 aA ^{ns}	10,41 aA ^{ns}	10,46 aA ^{ns}	49,10 aA ^{ns}	47,69 aA [*]								
Tiametoxam	70,30 aA ^{ns}	68,41 aA ^{ns}	66,17 bB ^{ns}	71,78 aA [*]	10,40 aA ^{ns}	11,33 aA ^{ns}	47,91 aA ^{ns}	46,48 aA ^{ns}								
Imidacloprido	71,39 aA ^{ns}	67,62 aB ^{ns}	69,0 aA ^{ns}	70,72 aA [*]	10,73 aA ^{ns}	11,18 aA ^{ns}	52,23 aA [*]	48,86 aA [*]								
C.V. (%)	3,0		3,0		5,5		6,0									

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05) comparando os indutores de resistência em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05) comparando os períodos de armazenamento em cada indutor de resistência. *e ns Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor de resistência) pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 2. Compostos fenólicos totais (mg EAC 100 g⁻¹) e capacidade antioxidante (DPPH, µg TEAC g⁻¹) na polpa e na casca de frutos de laranja 'Navelina', em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e do período de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1 °C). Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores de resistência	Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g ⁻¹) na polpa				Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g ⁻¹) na casca				DPPH (µg TEAC g ⁻¹) na polpa				DPPH (µg TEAC g ⁻¹) na casca			
	Período de armazenamento				Período de armazenamento				Período de armazenamento				Período de armazenamento			
	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30	0	30
Testemunha	108,94	85,82	367,74	350,58	241,84	127,31	351,08	232,41								
Selênio	129,02 da1 *	106,26 aB *	425,44 aA *	409,61 aA *	389,23 abA *	153,00 aB ns	455,54 aA *	281,54 abB *								
Silício	161,38 aA *	103,95 aB *	424,32 aA *	411,98 aA *	453,18 aA *	150,08 aB ns	472,54 aA *	303,19 aB *								
Acibenzolar-S-metil	147,22 abA *	104,37 aB *	403,28 aA ns	386,44 aA ns	363,39 bA *	138,14 aB ns	421,29 aA ns	247,29 bB ns								
Metil Jasmonato	134,18 bcA *	102,57 aB *	395,01 aA ns	380,34 aA ns	397,58 abA *	159,06 aB ns	440,82 aA *	268,49 abB ns								
Tiametoxam	135,59 bcA *	113,02 aB *	389,13 aA ns	371,29 aA ns	327,29 bA *	173,64 aB *	438,20 aA *	272,69 abB ns								
Imidacloprido	117,89 da ns	98,03 aB ns	375,58 aA ns	359,58 aA ns	410,65 abA *	173,69 aB *	441,85 aA *	274,20 abB *								
C.V. (%)	7,2		7,4		13,8		11,1									

Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os indutores de resistência em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ($p \leq 0,05$), comparando os períodos de armazenamento em cada indutor de resistência. *e ns Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor de resistência) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r , $p < 0,0001$) entre compostos fenólicos totais (fenóis) e capacidade antioxidante (DPPH) em frutos de laranja 'Navelina' em relação aos indutores de resistência selênio (Se), silício (Si), acibenzolar-S-metil (ASM), metil jasmonato (MeJa), tiametoxam (TMT) e imidacloprido (IMI) aplicados na pré-colheita e submetidos ao armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20 ± 1 °C). Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

	Testemunha	Selênio	Silício	ASM	MeJa	TMT	IMI
Fenóis Polpa	DPPH Polpa						
	0,91844	0,75758	0,98504	0,95590	0,85551	0,78681	0,81085
DPPH Casca	Fenóis Polpa						
	0,91922	0,69533	0,92491	0,90886	0,72638	0,70688	0,86271
	DPPH Polpa						
	0,96059	0,97714	0,96091	0,90057	0,91894	0,89481	0,95486

Tabela 4. Coloração (a^* e ângulo hue), pH, acidez titulável (% de ácido cítrico) e razão SS/AT dos frutos de laranja 'Navelina' sob efeito do armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20 ± 1 °C). Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Variáveis analisadas	Período de armazenamento (dias)				C.V. (%)
	0		30		
a^*	13,85	b ¹	21,12	a	29,29
Ângulo hue	78,35	a	73,31	b	5,18
pH	3,46	b	3,60	a	3,90
Ácidez titulável (% de ácido cítrico)	1,02	a	0,93	b	12,48
Razão SS/AT	11,40	a	10,86	b	10,43

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ($p \leq 0,05$) comparando os períodos de armazenamento. C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 5. Perda de massa fresca (%) e índice de podridões (%) de frutos da laranja 'Navelina' tratados na pré-colheita com indutores de resistência. Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	Perda massa fresca (%)	Índice de podridões (%)
Testemunha	8,43 ab ¹	6,66 a
Selênio	9,75 a	1,66 b
Silício	8,45 ab	0,83 b
Acibenzolar-S-metil	6,71 b	5,03 ab
Metil Jasmonato	6,46 b	0,83 b
Tiametoxam	7,91 ab	5,03 ab
Imidacloprido	7,01 ab	0,83 b
C.V. (%)	30,2	124,7

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.: Coeficiente de variação.

Indutores de resistência na qualidade de frutos do híbrido 'Ortanique'

Para as variáveis de coloração (L^* e a^*), acidez titulável, sólidos solúveis e ácido ascórbico ocorreram interações entre os fatores de tratamento testados (Tabela 6). Ao avaliar a coloração através da luminosidade (L^*) não houve diferença entre os indutores de resistência em ambos os tempos de armazenamento. No entanto, após 30 dias de armazenamento refrigerado, os indutores Se, ASM e TMT mantiveram os valores de L^* dos frutos.

Quanto à intensidade do a^* , também não efeito da aplicação dos indutores de resistência. Porém, os tratamentos com Si, ASM, MeJa, TMT e IMI proporcionaram aumento da intensidade do avermelhado ao longo do armazenamento. Para L^* e a^* , a aplicação dos indutores de resistência não diferiu ao ser comparada com a testemunha (Tabela 6). A coloração é um parâmetro muito utilizado pelos consumidores de citros na tomada de decisão de comprar os frutos, os quais

preferem frutas frescas e semimaduras (PACHECO et al., 2014). Nesse trabalho, mantiveram-se índices aceitáveis de coloração, sendo cor forte e brilhante as preferidas, embora a cor, na maioria dos casos, não contribua para aumento efetivo do valor nutritivo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quanto à acidez dos frutos, os indutores de resistência diferiram entre si aos 30 dias, sendo que IMI, Se e TMT induziram a maior percentual de ácido cítrico. Apenas o neonicotinoide IMI (1,85% de ácido cítrico) diferiu da testemunha. Quanto ao teor de sólidos solúveis dos frutos de 'Ortanique' não se verificou diferença significativa com a aplicação dos indutores de resistência no tempo inicial (zero), porém houve aumento ao longo do armazenamento somente para IMI. Os sólidos solúveis indicam a quantidade de açúcares dissolvidos no suco dos frutos e têm tendência de aumento com o avanço da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Frutos do tangoreiro 'URSBRS Hada', cultivados em Butiá, RS, apresentaram 12,2 °Brix e 12,1°Brix e acidez de 1,59% a 1,65% de ácido cítrico (GONZATTO et al., 2015), corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

O ASM apresentou o menor teor de ácido ascórbico entre os indutores de resistência analisados em ambos os períodos de armazenamento (0 e 30 dias). Durante o período de armazenamento refrigerado, o teor de ácido ascórbico reduziu com no tratamento com aplicação de Se. Resultados superiores foram demonstrados no IMI tanto a zero quanto aos 30 dias de armazenamento, e no Se somente nos frutos que não foram submetidos ao armazenamento, quando comparados à testemunha. Estudos realizados com frutos do tangoreiro 'Murcott', após 60 dias de armazenamento a $4\pm0,2$ °C e 7 dias de vida útil a 20°C, apresentaram níveis de perda de massa entre 3% e 6%, mantendo as qualidades físico-químicas, tais como ácido ascórbico, sólidos solúveis e acidez titulável (PINTO et al., 2015), percentual esse, de perda de massa coerente com os dados encontrados no presente estudo (Tabela 9).

A coloração expressa por b^* e pelo ângulo hue, além do pH e da razão SS/AT, apresentaram significância somente para o efeito principal do período de armazenamento (Tabela 8). Para a coloração b^* , todos os frutos evidenciaram a intensidade do amarelo, com valores positivos e da mesma forma para o hue, em que a coloração da epiderme dos frutos caracterizou-se como amarela, porém, ambos apresentaram redução ao longo do período de armazenamento. O pH e a razão SS/AT dos frutos aumentaram com o armazenamento refrigerado. Já Machado et al. (2012), encontraram resultados distintos em frutos de 'Ortanique' submetidos à aplicação de cera de carnaúba na pós-colheita, onde, nem o revestimento e nem o tempo de armazenamento influenciaram no teor de sólidos solúveis, na acidez titulável, no pH e na razão SS/AT.

A redução nos percentuais de perda de massa e de podridões foi significativa com a aplicação dos indutores de resistência, sendo essas avaliadas após 30 dias de armazenamento (Tabela 9). Os indutores de resistência que mantiveram a massa fresca dos frutos foram Se, Si, ASM, TMT e IMI. Por outro lado, o indutor de resistência MeJa induziu maior perda de massa fresca dos frutos, igualando-se à testemunha. Deve-se acrescentar que a perda de massa fresca é determinada pelas taxas de evaporação e de respiração dos frutos, devendo ser mantida a um mínimo necessário para sustentação da qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O baixo percentual de podridões dos frutos demonstrou que os indutores de resistência aplicados reduziram as perdas ao longo do período de armazenamento de 30 dias, em relação à testemunha, no entanto não diferiram entre si, possivelmente pelo curto período do armazenamento. Com o avanço no estágio de maturação, decorrente do transcorrer do período de armazenamento, observou-se maior suscetibilidade dos tangores ao desenvolvimento dos patógenos. Estudos realizados por Wang e Liu (2012), em frutos cítricos com aplicação de ácido salicílico, demonstraram-se vários eventos

fisiológicos e moleculares conferindo resistência sistêmica, dessa forma reduzindo a incidência de podridões e de bacterioses.

Para os compostos fenólicos totais na polpa dos frutos de 'Ortanique', o indutor de resistência ASM apresentou o menor teor de fenóis no tempo inicial (0 dias), sendo o único indutor que não demonstrou decréscimo ao longo do armazenamento. Diferiram da testemunha os indutores IMI aos zero e 30 dias, e Se, Si e MeJa somente aos 30 dias de armazenamento refrigerado (Tabela 7). Segundo Siboza et al. (2014), o MeJa combinado com ASM mantiveram a integridade da membrana de frutos de limoeiro, tornando-se eficazes na tolerância ao frio durante o armazenamento, além de aumentar o teor de compostos fenólicos.

Quando esses compostos foram avaliados na casca, observou-se que não houve diferença entre os indutores de resistência tanto no tempo zero quanto aos 30 dias de armazenamento. No entanto, ao longo do armazenamento, todos os indutores mantiveram os teores de fenóis totais, com exceção do tratamento com IMI. Os indutores de resistência Si e IMI apresentaram teores superiores à testemunha em ambas as avaliações. Para a capacidade antioxidante na polpa dos frutos, não houve diferença entre os indutores de resistência testados tanto no início quanto no final do período de armazenamento. Nesse sentido, todos os indutores mantiveram a capacidade antioxidante ao longo do período de armazenamento. No entanto, quando comparados com a testemunha no dia zero, todos os indutores, exceto ASM, apresentaram resultados superiores à testemunha. Já, aos 30 dias de armazenamento, somente o Si, MeJa e IMI foram superiores à testemunha. Graham e Myers (2013), havia verificado que inseticidas neonicotinoides sistêmicos, tais como IMI e TMT, reduzem a incidência de doenças em frutos de toranjeira e laranjeiras jovens.

Ao analisar a capacidade antioxidante da casca dos frutos de 'Ortanique' não se verificou diferença entre os indutores de resistência

aplicados. Ao longo do tempo, a capacidade antioxidante reduziu, com exceção do tratamento com MeJa, que manteve elevados teores, sendo o único que se diferenciou da testemunha em ambos os períodos de armazenamento, induzindo assim respostas estruturais e/ou metabólicas associadas com a expressão de resistência. Moulehi et al. (2012) observaram variação da capacidade antioxidante de tangerina (*Citrus reticulata*) e de laranja amarga (*Citrus aurantium*) durante o amadurecimento dos frutos, sendo a capacidade antioxidante da laranja superior à da tangerina. Em laranjas de umbigo (*Citrus sinensis*) tratadas com Oligochitosan, aplicado na pré-colheita, também foi observado ser alternativa potencial para substituir os métodos convencionais de controle de doenças na pós-colheita, em razão de aumentar a concentração de enzimas relacionadas aos mecanismos de defesa (DENG et al., 2015).

Quando se correlacionou os compostos fenólicos totais dos frutos com sua capacidade antioxidante, os indutores selênio ($r = 0,518$), silício ($r = 0,755$), MeJa ($r = 0,883$) e TMT ($r = 0,802$) caracterizaram associação positiva entre essas variáveis, demonstrando que a capacidade antioxidante dos frutos da 'Ortanique' deve-se aos compostos fenólicos, diferentemente da testemunha, que não apresentou correlação. No entanto, entre a capacidade antioxidante da casca e os fenóis do fruto, os indutores silício ($r = 0,631$) e MeJa ($r = 0,917$) foram superiores à testemunha ($r = 0,607$). Atividades preventivas e curativas de tratamentos pós-colheita vêm sendo relatadas na literatura, como a utilização do indutor de resistência silicato de sódio no controle de *Penicillium digitatum* e de *Penicillium italicum*, demonstrando resultado eficaz (MOSCOSO-RAMÍREZ e PALOU, 2013).

Ao correlacionar os compostos fenólicos da polpa com a casca, os indutores de resistência ASM ($r = 0,925$) e IMI ($r = 0,707$) foram superiores à testemunha ($r = 0,562$). Enquanto que, na associação entre a capacidade antioxidante e fenóis totais, ambos na casca, os

indutores selênio ($r = 0,883$) e silício ($r = 0,861$) foram superiores à correlação da testemunha ($r = 0,801$). Na capacidade antioxidante do endocarpo correlacionada com a da casca, apenas o indutor MeJa ($r = 0,739$) foi superior à testemunha ($r = 0,546$). Oliveira et al. (2015), já havia demonstrado efeito do MeJa na defesa de plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), por influenciar várias funções metabólicas, como a biogênese, degradação de proteínas e defesa celular.

Tabela 6. Coloração (L^* e a^*), acidez titulável (% de ácido cítrico), sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) e ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹) de frutos do tangoreiro 'Ortanique' em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1 °C). Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	L *				a *			
	(mg 100g ⁻¹)							
	0		30		0		30	
Testemunha	60,61		58,94		26,43		27,77	
Selênio	61,64	aA ^{1ns}	60,70	aA ^{ns}	26,95	aA ^{ns}	28,39	aA ^{ns}
Silício	62,06	aA ^{ns}	60,29	aB ^{ns}	26,13	aB ^{ns}	29,30	aA ^{ns}
Acibenzolar-S-metil	61,06	aA ^{ns}	59,99	aA ^{ns}	26,70	aB ^{ns}	27,94	aA ^{ns}
Metil Jasmonato	61,90	aA ^{ns}	60,29	aB ^{ns}	25,54	aB ^{ns}	27,61	aA ^{ns}
Tiametoxam	60,92	aA ^{ns}	59,99	aA ^{ns}	25,74	aB ^{ns}	27,84	aA ^{ns}
Imidacloprido	62,02	aA ^{ns}	59,64	aB ^{ns}	25,45	aB ^{ns}	27,87	aA ^{ns}
C.V. (%)	1,2				3,2			

Indutores	Acidez titulável		Sólidos solúveis (°Brix)		Ácido ascórbico	
	(% de ácido cítrico)		(mg 100g ⁻¹)		(mg 100g ⁻¹)	
	0	30	0	30	0	30
Testemunha	1,82	1,46	12,10	13,03	22,21	21,64
Selênio	1,84 aA ^{ns}	1,72 abA ^{ns}	13,11 aA ^{ns}	13,95 aA ^{ns}	25,68 aA [*]	23,93 abB ^{ns}
Silício	1,77 aA ^{ns}	1,54 bA ^{ns}	12,50 aA ^{ns}	13,30 abA ^{ns}	22,95 abA ^{ns}	21,48 abA ^{ns}
Acibenzolar-S-metil	1,68 aA ^{ns}	1,30 cB ^{ns}	11,20 aA ^{ns}	12,35 bA ^{ns}	21,31 bA ^{ns}	20,73 bA ^{ns}
Metil Jasmonato	1,81 aA ^{ns}	1,51 bcB ^{ns}	11,63 aA ^{ns}	12,95 abA ^{ns}	23,58 abA ^{ns}	22,76 abA ^{ns}
Tiametoxam	1,79 aA ^{ns}	1,67 abA ^{ns}	12,71 aA ^{ns}	13,33 abA ^{ns}	23,20 abA ^{ns}	21,91 abA ^{ns}
Imidacloprido	1,99 aA ^{ns}	1,85 aB [*]	12,56 aB ^{ns}	13,46 abA ^{ns}	25,32 aA [*]	24,46 aA [*]
C.V. (%)	10,7		3,8		6,8	

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os indutores em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ($p \leq 0,05$) comparando os armazenamentos em cada indutor. * e ^{ns} Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 7. Compostos fenólicos totais (mg EAC 100 g⁻¹) e capacidade antioxidante (DPPH, µg TEAC g⁻¹) na polpa e na casca de frutos do tangerino ‘Ortanique’ em função de indutores de resistência aplicados na pré-colheita e de armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20±1 °C). Safra 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	Compostos fenólicos totais (mg EAC 100g ⁻¹) na polpa			Compostos fenólicos totais (mg EAC 100 g ⁻¹) na casca			DPPH (µg TEAC g ⁻¹) na polpa			DPPH (µg TEAC g ⁻¹) na casca		
	Período de armazenamento			Período de armazenamento			Período de armazenamento			Período de armazenamento		
	0	30		0	30		0	30		0	30	
Testemunha	75,89	60,76		451,69	428,57		85,66	76,46		629,35	530,19	
Selênio	85,10 abA ^{ns}	73,44 aB*		457,68 aA ^{ns}	435,22 aA ^{ns}		109,75 aA*	97,10 aA ^{ns}		663,34 aA ^{ns}	545,18 aB ^{ns}	
Silício	86,19 abA ^{ns}	75,53 aB*		500,04 aA*	477,59 aA*		123,19 aA*	109,82 aA*		721,95 aA ^{ns}	605,28 aB ^{ns}	
Acibenzolar-S-metil	77,00 bA ^{ns}	66,18 aA ^{ns}		468,05 aA ^{ns}	445,10 aA ^{ns}		100,35 aA ^{ns}	92,01 aA ^{ns}		701,84 aA ^{ns}	583,18 aB ^{ns}	
Metil Jasmonato	86,99 abA ^{ns}	76,16 aB*		485,07 aA ^{ns}	462,29 aA ^{ns}		116,39 aA*	102,01 aA*		763,20 aA*	644,54 aA*	
Triametoxam	82,82 abA ^{ns}	69,49 aB ^{ns}		479,18 aA ^{ns}	456,56 aA ^{ns}		111,44 aA*	93,15 aA ^{ns}		700,61 aA ^{ns}	581,78 aB ^{ns}	
Imidacloprido	90,92 aA*	76,08 aB*		507,04 aA*	484,42 aB*		124,87 aA*	111,57 aA*		734,03 aA ^{ns}	615,04 aB ^{ns}	
C.V. (%)	7,9			6,0			11,7			10,4		

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05), comparando os indutores em cada armazenamento. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t (p≤0,05), comparando os armazenamentos em cada indutor. *e^{ns} Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (sem indutor) pelo teste de Dunnett (p≤0,05). C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 8. Coloração (b^* e Hue), pH e razão SS/AT de frutos do tangoreiro 'Ortanique' sob efeito do armazenamento refrigerado com posterior simulação do tempo de comercialização (7 dias a 20 ± 1 °C). Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Variáveis analisadas	Período de armazenamento		C.V. (%)
	0	30	
b^*	63,46 a ¹	58,77 b	1,8
Hue	67,65 a	64,35 b	1,6
pH	3,16 b	3,21 a	1,7
Razão SS/AT	6,79 b	8,41 a	12,0

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de t ($p \leq 0,05$) comparando os períodos de armazenamento. C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 9. Perda de massa fresca (%) e índice de podridões (%) de frutos do tangoreiro 'Ortanique' tratados na pré-colheita com indutores de resistência. Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	Perda de massa fresca (%)	Índice de podridões (%)
Testemunha	13,83 a ¹	5,00 a
Selênio	7,74 bc	0,83 b
Silício	7,78 bc	0,83 b
Acibenzolar-S-metil	7,35 c	0,83 b
Metil Jasmonato	11,35 ab	0,83 b
Tiametoxam	8,23 bc	0,83 b
Imidacloprido	8,25 bc	0,83 b
C.V. (%)	34,7	58,8

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os indutores. C.V.: Coeficiente de variação.

Efeito de indutores de resistência no controle de *Penicillium digitatum*

Para as variáveis incidência da doença, período latente, taxa da expansão da lesão, severidade, taxa de expansão da área esporulante, severidade de esporos, área abaixo da curva do progresso da doença e área abaixo da curva de progresso da esporulação ocorreram interações entre os fatores de tratamento testados (Tabelas 10, 11, 12 e 13). Constatou-se maior incidência de *P. digitatum* para a testemunha, em ambas as cultivares, atingindo 100%. Isso ocorreu pois o *Penicillium* é um fungo bastante agressivo em citros, principalmente quando infeccionado por pontos de ferimento, lesões ou pequenas fissuras na epiderme, e quando as condições ambientes são favoráveis à germinação e ao desenvolvimento dos esporos (FISCHER et al., 2013).

Nas laranjas 'Navelina', todos os indutores de resistência aplicados reduziram a incidência de *P. digitatum*, com exceção do ASM, o qual não se diferenciou da testemunha. No caso dos frutos de tangor 'Ortanique' tratados com os indutores de resistência observou-se redução da incidência de *P. digitatum* para todos os indutores em relação à testemunha (Tabela 10). Ao comparar as cultivares Navelina e Ortanique, a menor incidência do fungo ocorreu para 'Navelina' na presença dos indutores de resistência Si, MeJa e IMI (Tabela 10). Este comportamento diferencial entre cultivares ocorre em função da variação genética do tecido, do tipo da parede celular e da fase de desenvolvimento (DEUNER et al., 2015).

Tabela 10. Incidência de *Penicillium digitatum*, expressa em percentual, após 72 horas de inoculação por ferimento em laranja ‘Navelina’ e tanger ‘Ortanique’, tratados na pré-colheita com diferentes indutores de resistência. Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores de resistência	Frutos com ferimento	
	‘Navelina’	‘Ortanique’
Testemunha	100,00 aA1	100,00 aA
Selênio	87,50 cA	83,43 dB
Silício	62,50 dB	70,85 eA
Acibenzolar-S-metil	100,00 aA	83,43 dB
Metil Jasmonato	87,50 cB	91,74 cA
Tiametoxam	95,83 bA	91,74 cB
Imidacloprido	95,83 bB	95,85 bA

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) comparando os indutores de resistência em cada cultivar. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$) comparando as cultivares em cada indutor de resistência.

Interessante destacar que o tratamento com Si reduziu a incidência de *Penicillium* em 37,5% nos frutos de ‘Navelina’ e em 29,1% nos frutos de ‘Ortanique’ (Tabela 10). Segundo Hasanuzzaman et al. (2014), isto se deve ao desempenho comprovado desse indutor de resistência em conferir tolerância ao estresse oxidativo por reforço do sistema de defesa antioxidante.

Quanto ao período latente do *Penicillium* em frutos de ‘Navelina’, a testemunha apresentou 66,6% com 72 horas e 33,4% com 96 horas, totalizando 100% dos frutos infectados (Tabela 11). Os indutores ASM, MeJa e TMT atingiram seu período até 96 h, porém não com 100% dos frutos contaminados e apresentaram taxa de frutos sem sinais de reprodução fúngica de 4,1%, 12,5% e 4,1%, respectivamente. Nesse período (96 horas), considerando esses indutores, a ‘Navelina’ diferiu da ‘Ortanique’ com os maiores períodos latentes. Com 120 horas após a inoculação, em frutos de ‘Navelina’ ainda havia tratamentos com

o período latente, como Se, Si e IMI; período este que se estendeu até apresentarem os sinais da doença, nos frutos com ferimento. No entanto, estes indutores de resistência apresentaram percentual alto de frutos sadios, sem sintomas, de 12,5%, 37,5% e 4,1%, respectivamente.

Para frutos do tangor 'Ortanique', o período latente de todos indutores se prolongou até 120 horas após a inoculação, com exceção da testemunha, cujo período latente durou apenas 96 horas. Nessa avaliação (120 horas), somente para MeJa, TMT e IMI ocorreram diferenças entre frutos de 'Navelina' e de 'Ortanique'. Os indutores de resistência mantiveram elevados percentuais de frutos sadios para 'Ortanique', principalmente, para Si, Se e ASM (Tabela 11), confirmando a importância desses produtos como protetores sob condições de estresse, na produção de barreiras físicas e químicas dentro das células vegetais (HASANUZZAMAN et al., 2014). No caso do indutor de resistência Si deve-se salientar que desempenha efeito antifúngico por ocasionar danos na membrana plasmática do *P. digitatum* (LIU et al., 2010).

Na literatura, vários são os relatos dos efeitos positivos da aplicação de indutores de resistência em várias espécies vegetais. Assim, verificou-se que o uso de neonicotinoides reduziu a incidência de cancro cítrico em laranjas 'Vernia', tendo sua ação sido potencializada em rotação com o indutor acibenzolar-S-metil (GRAHAM; MYERS, 2013); e jasmonatos induziram resistência ao mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em feijoeiro através do metabolismo de proteínas contra patógenos (OLIVEIRA et al., 2015).

Quanto à taxa de expansão da doença em frutos de 'Navelina' e de 'Ortanique' não se observou diferença entre os indutores de resistência utilizados. No entanto, ocorreu redução nessa taxa para frutos de 'Ortanique' com os indutores Se, ASM, TMT e IMI (Tabela 12), ocorrendo variação entre cultivares em relação aos indutores. A

partir de estudos realizados na pós-colheita, Lai et al. (2015) também constataram variação entre indutores de resistência e entre cultivares de maçã, tendo destaque o indutor bicarbonato de sódio (NaHCO_3) na redução da expansão micelial e da lesão de bolor azul (*Penicillium expansum*). Da mesma forma, Jiangkuo et al. (2017), também em maçãs, reduziram a severidade do bolor azul na pós-colheita, porém utilizando o indutor de resistência 1-metilciclopropeno.

Tabela 11. Período latente em percentual de crescimento de *Penicillium digitatum* em frutos de laranja 'Navelina' e de tangor 'Ortanique' tratados na pré-colheita com indutores de resistência, inoculados através de ferimento. Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	Período latente (percentual de crescimento de <i>Penicillium digitatum</i>)							
	Laranja 'Navelina'				Tangor 'Ortanique'			
	72 h	96 h	120 h	%ñA	72 h	96 h	120 h	%ñA
Testemunha	66,6 aA ¹	33,4 eB	0,0 dA	0,0	62,5 aB	37,5 dA	0,0 dA	0,0
Selênio	16,6 fB	58,4 bA	12,4 aA	12,5	41,6 dA	29,3 eB	12,4 bA	16,6
Silício	16,7 fB	41,7 dB	4,1 cA	37,5	20,8 gA	45,8 bA	4,1 cA	29,2
Acibenzolar	37,5 dB	58,4 bA	0,0 dA	4,15	50,0 bA	29,1 eB	4,1 cA	16,6
Metil Jasmonato	41,6 cB	45,9 cA	0,0 dB	12,5	45,8 cA	41,6 cB	4,1 cA	8,33
Tiametoxam	33,3 eB	62,6 aA	0,0 dB	4,15	37,5 eA	50,0 aB	4,1 cA	8,33
Imidacloprido	45,8 bA	41,7 dA	8,3 bB	4,15	29,1 fB	41,7 cA	25 aA	4,15

¹ Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando os indutores de resistência em cada cultivar para cada período avaliado. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$), comparando as cultivares em cada indutor de resistência, para cada período avaliado. *ñA: percentagem de frutos sem sintomas de *Penicillium digitatum*.

Em relação à severidade da lesão para as duas cultivares estudadas, houve redução quando comparadas com a testemunha. Nos frutos de 'Navelina', os indutores Se, Si e MeJa apresentaram redução da severidade, porém não diferiram entre si, e o Si foi o único indutor de resistência que caracterizou diferença em relação à testemunha. Já para os frutos de 'Ortanique', os indutores Si e ASM reduziram

a severidade da lesão perante a testemunha (Tabela 12). O ASM é um análogo funcional do ácido salicílico, que atua inibindo o desenvolvimento de patógenos e aumentando o conteúdo de H_2O_2 e de alguns metabólicos relacionados à defesa, como ornitina e treonina, no pericarpo de citros (ZHU et al., 2016).

Nos frutos de 'Navelina', a área esporulante ou taxa de crescimento diário da esporulação do *P. digitatum* reduziu na presença do Se em relação à testemunha. Enquanto que, nos frutos de 'Ortanique', não ocorreu diferença entre os indutores de resistência e a testemunha. As cultivares apresentaram diferenças quanto aos indutores de resistência Si e ASM, sendo que os frutos de 'Ortanique' tiveram a menor área esporulante (Tabela 12). Segundo Shoukui et al. (2016), em laranjas de umbigo, alguns indutores de resistência reduzem a área esporulante, com ação na diminuição da germinação dos esporos e no alongamento do tubo germinativo de *P. digitatum*.

Em frutos de 'Navelina' tratados com Se e Si, houve redução da severidade de esporos perante a testemunha. No entanto, para os de 'Ortanique', esse comportamento ocorreu nos tratamentos com Se, Si e ASM. Somente foi observada diferença entre frutos de 'Navelina' e de 'Ortanique' com a testemunha. O silício estimula o sistema de defesa antioxidante, reduzindo os patógenos, entre outras razões pela sinalização do ácido jasmônico (ABDEL-HALIEM et al., 2017). O selênio também estimula a capacidade antioxidante, sendo eficaz no efeito inibitório contra *P. expansum*, reduzindo a germinação dos esporos, a propagação micelial e a severidade (WU et al., 2014).

A redução da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi favorecida pelo uso dos indutores de resistência. Para frutos de 'Navelina', houve destaque para os indutores Se e Si, diferindo da testemunha. Já para frutos de 'Ortanique', não houve diferença significativa para nenhum indutor de resistência (Tabela 13).

A redução da área abaixo da curva de progresso da esporulação (AACPE) para frutos da cultivar 'Navelina' ocorreu pelo uso dos indutores Se, Si, TMT e IMI. Para frutos de 'Ortanique' ocorreu redução com a aplicação de Se e Si. Não foram verificadas diferenças entre as cultivares em todos os indutores de resistência utilizados (Tabela 13). As aplicações desses indutores favoreceram a resistência do hospedeiro, como por exemplo, os indutores Si e Se, impedindo o aparecimento de isolados resistentes (ROMANAZZI et al., 2016).

Tabela 12. Taxa de expansão (r) e severidade da lesão, área esporulante e severidade de esporos de *Penicillium digitatum* inoculados com ferimento em frutos de laranja ‘Navelina’ e de tanger ‘Ortanique’, tratadas com indutores de resistência na pré-colheita. Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	r Lesão (mm)		Severidade da lesão (%)		Área esporulante (mm)		Severidade de esporos (%)									
	'Navelina'	'Ortanique'	'Navelina'	'Ortanique'	'Navelina'	'Ortanique'	'Navelina'	'Ortanique'								
Testemunha	0,79	aA ¹	0,64	aA	89,90	a	89,91	aA	0,81	aA	0,65	aB	82,58	aB	87,88	aA
Selênio	0,79	aA	0,50	aB	71,88	abA	69,97	abA	0,52	bA	0,48	aA	50,60	bA	62,09	bA
Silício	0,58	aA	0,50	aA	54,79	bA	64,61	bA	0,54	abA	0,47	aA	51,19	bA	58,95	bA
Acibenzolar-S-metil	0,74	aA	0,44	aB	82,17	aA	63,44	bB	0,66	abA	0,49	aB	68,03	abA	59,41	bA
Metil																
Jasmonato	0,66	aA	0,55	aA	73,79	abA	76,11	abA	0,65	abA	0,57	aA	62,19	abA	69,42	abA
Tiametoxam	0,84	aA	0,62	aB	85,68	aA	79,11	abA	0,65	abA	0,59	aA	63,34	abA	74,05	abA
Imidacloprido	0,77	aA	0,58	aB	84,49	aA	78,52	abA	0,65	abA	0,55	aA	61,85	abA	69,15	abA
C.V. (%)	44,5		46,0		33,5		39,5		48,3		43,3		44,7		40,6	

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05), comparando os indutores de resistência em cada cultivar. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t (p≤0,05), comparando as cultivares em cada indutor de resistência. C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 13. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e área abaixo da curva de progresso da esporulação (AACPE) ocasionada por *Penicillium digitatum* em frutos de laranja 'Navelina' e de tangor 'Ortanique' com ferimento, tratados na pré-colheita com diferentes indutores de resistência. Safras 2015 e 2016. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Indutores	AACPD (m ²)		AACPE (m ²)	
	'Navelina'	'Ortanique'	'Navelina'	'Ortanique'
Testemunha	5203,9 aA ¹	4505,7 aB	3995,5 aA	3856,7 aA
Selênio	3542,2 bcA	3330,5 aA	2029,6 bA	2432,9 bA
Silício	2821,1 cA	3047,6 aA	2102,1 bA	2340,5 bA
Acibenzolar-S-metil	4725,4 abA	3295,0 aB	3221,5 abA	2685,5 abA
Metil Jasmonato	4099,4 abcA	3801,4 aA	2846,2 abA	2923,9 abA
Tiametoxam	4560,9 abA	3859,4 aA	2526,0 bA	3004,6 abA
Imidacloprido	4538,9 abA	3784,5 aA	2531,6 bA	2964,1 abA
C.V. (%)	37,8	46,5	50,9	49,5

¹Médias acompanhadas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando os indutores de resistência em cada cultivar. Médias acompanhadas por mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$), comparando as cultivares em cada indutor de resistência. C.V.: Coeficiente de variação.

Conclusões

1. Em laranjas de umbigo 'Navelina', a aplicação de indutores de resistência na pré-colheita é eficiente na manutenção das características físico-químicas dos frutos na pós-colheita, proporcionando aumento dos compostos bioativos, tanto na casca quanto na polpa, quando comparados à testemunha. Os indutores Se, Si, MeJa e IMI reduzem os índices de podridões, enquanto que ASM e MeJa previnem a perda massa fresca dos frutos.
2. Em tangores 'Ortanique', a aplicação de indutores de resistência na pré-colheita é eficiente na manutenção das características físico-químicas dos frutos na pós-colheita, havendo redução do percentual de perda de massa fresca e de podridões nos frutos

após 30 dias de armazenamento refrigerado, e manutenção dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante, tanto na polpa quanto na casca dos frutos. Os indutores Si, MeJa e IMI proporcionam aumento dos fitoquímicos quando comparados à testemunha.

3. Os indutores de resistência são eficientes na redução da incidência de bolor verde (*Penicillium digitatum*) em frutos de 'Navelina' e 'Ortanique'. Si e Se aplicados na pré-colheita de ambas as cultivares reduzem a severidade da doença.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processos 474435/2013-0 e 310368/2013-8, pelo apoio financeiro.

Referências

ABDEL-HALIEH, M. E. F.; HEGAZY, H. S.; HASSAN, N. S.; NAGUIB, D. M. Effect of silica ions and nano silica on rice plants under salinity stress. **Ecological Engineering**, v. 99, p. 282-289, 2017.

AGRIANUAL 2017: Anuário da Agricultura Brasileira 2017. **Citros**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2017. Disponível em: <<http://www.agrianual.com.br/secao/culturas>>. Acesso em: 26 set. 2017.

AGROLINK. **Bolor verde** (*Penicillim digitatum*). Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/problema/bolor-verde_1849.html>. Acesso em: 06 out. 2017.

ANDRADE, C. C. L.; RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. A.; FERRAZ, H. G. M.; MOREIRA, W. R.; OLIVEIRA, J. R.; MARIANO, R. L. R. Silicon reduces bacterial speck development on tomato leaves. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, p. 436-442, 2013.

AOAC (Association of Official Analysis Chemists). **Official methods of analysis**. 18th.ed. Gaitherburg: AOAC International, 2005. 326p.

ASMAR, S. A.; PASQUAL, M.; ARAÚJO, A. G.; SILVA, R. A. L.; RODRIGUES, F. A.; PIO, L. A. S. Características morfofisiológicas de

bananeiras 'Grande Naine' aclimatizadas em resposta a utilização de silício in vitro. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 73-82, 2013.

AZEVEDO, C. L. L.; SILVA, J. A. A.; CARVALHO, J. E. B. **Normas Técnicas Específicas (NTE) da Produção Integrada de Citros no Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 19 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 192).

BAGIO, T. Z.; CANTERI, M. G.; BARRETO, T. P.; JÚNIOR LEITE, R. P. Activation of systemic acquired resistance in citrus to control huanglongbing disease. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 1757-1766, 2016.

BECVORT, A. A. A. **Acumulación de selenio en tomate y su efecto en el crecimiento, productividad y antioxidante del fruto**. 2011. 25 f. Maestría (Ciencias en Horticultura) - Universidade Autonoma Agraria Antonio Navarro, Saltillo, Coahuila, México.

BHATTACHARJEE, S. The language of reactive oxygen species signaling in plants. **Journal of Botany**, v. 2012, p. 1-22, 2012.

BORSATTI, F. C.; MAZARO, S. M.; DANNER, M. A.; NAVA, G. A.; DALACOSTA, N. L. Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 318-326, 2015.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRINCEÑO, Z.; ALMAGRO, L.; SABATER-JARA, A. B.; CALDERÓN, A. A.; PEDREÑO, M. A.; FERRER, M. A. Enhancement of phytosterols, taraxasterol and induction of extracellular pathogenesis-related proteins in cell cultures of *Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom

elicited with cyclodextrins and methyl jasmonate. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 11, p. 1050-1058, 2012.

CAI, Y.; CAO, S.; YANG, Z.; ZHENG, Y. MeJA regulates enzymes involved in ascorbic acid and glutathione metabolism and improves chilling tolerance in loquat fruit. **Postharvest Biology Technology**, v. 59, p. 324-326, 2011.

CAMARGO, L. E. A.; BERGAMIN FILHO, A. Controle genético. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**, 3ª ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1995. p. 729-758.

CAO, S.; CAI, Z.; YANG, Z.; ZHENG, Y. MeJA induces chilling tolerance in loquat fruit by regulating proline and γ -aminobutyric acid contents. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1466-1470, 2012.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DAVID, V.; YINONG, Y.; CASIANA, V. C.; MONICA, H. O. Absciscic acid-induced resistance against the brown spot pathogen *Cochliobolus miyabeanus* in rice involves MAP kinase-mediated repression of ethylene signaling. **Plant Physiology**, v. 152, p. 2036-2052, 2010.

DENG, L.; ZHOU, Y.; ZENG, K. Pre-harvest spray of oligochitosan induced the resistance of harvested navel oranges to anthracnose during ambient temperature storage, **Crop Protection**, v. 70, p. 70-76, 2015.

DEUNER, C.; BORGES, C. T.; ALMEIDA, A. S.; MENEGHELLO, G. E. TUNES, L. V. M. Jasmonic acid a promoter of resistance in plants. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 275-281, 2015.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FISCHER, I. H.; PALHARINI, M. C. A.; SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L. Postharvest diseases in 'Pera' orange cultivates in organic and conventional systems and resistance of *Penicillium digitatum* to fungicides. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 28-39, 2013.

FRENCH-MONAR, R. D.; RODRIGUES, F. A.; KORDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon suppresses *Phytophthora* blight development on bell pepper. **Journal of Phytopathology**, v. 158, n. 7-8, p. 554-560, 2010.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura. **Doenças e pragas**. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/doencas>>. Acesso em: 26 set. 2017.

GONZATTO, M. P.; SCHWARZ, S. F.; OLIVEIRA, R. P.; BENDER, R. J.; SOUZA, P. V. D. 'URSBRS Hada': tangoreiro de maturação tardia de duplo propósito. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p.524-527, 2015.

GRAHAM, J. H.; MYERS, M. E. Integration of soil applied neocotinoid insecticides and acibenzolar-S-methyl for systemic acquired resistance (SAR) control of citrus canker on young citrus trees. **Crop Protection**, v. 54, p. 239-243, 2013.

GRAHAM, J. H.; MYERS, M. E. Soil application of SAR inducers imidacloprid, thiamethoxam, and acibenzolar-S-methyl for *Citrus* canker control in young grapefruit trees. **Plant Disease**, v. 95, n. 6, p. 720-729, 2011.

HALL, D.; KIM, K. H.; DE LUCA, V. Molecular cloning and biochemical characterization of three Concord grape (*Vitis labrusca*) flavonol 7-O-glucosyltransferases. **Planta**, Berlin, v. 234, n.1, p. 1201-1214, 2011.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Silicon and selenium: two vital trace elements that confer abiotic stress tolerance to plants. In: AHMAD, P.; RASOOL, S. (Ed.). **Emerging technologies and management of crop stress tolerance**. Amsterdam: Elsevier, 2014. v.1, p. 377-422.

IEA (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA). **Defensivos Agrícolas**: em 2014, faturamento do segmento foi o destaque. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13679>>. Acesso em: 26 set. 2017.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA). **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. v. 1, 1020 p.

KOLLER, O. L. **Citricultura Catarinense**. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 319 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Wall-map 150cmx200cm.

JACOBS, M. B. **The chemical analysis of foods and food products**. New York: Van Nostrand, 1958. 979 p.

JIANGKUO, L.; LEI, H.; CANÇÃO, H.; LAI, T.; XU, X.; SHI, X. 1-methylcyclopropene (1-MCP) suppressed postharvest blue mold

of apple fruit by inhibiting the growth of *Penicillium expansum*.

Postharvest Biology and Technology, v. 125, p. 59-64, 2017.

LAI, T.; BAI, X.; WANG, Y.; ZHOU, J.; SHI, N.; ZHOU, T. Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of postharvest disease *Penicillium expansum*. **Scientia Horticulturae**, v. 187, p. 108-114, 2015.

LEME, J. J.; MALAVOLTA, E. Determinação fotométrica de ácido ascórbico. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 7, p. 115-129, 1950.

LIU, J.; ZONG, Y.; QIN, G.; LI, B.; TIAN, S. Plasma membrane damage contributes to antifungal activity of silicon against *Penicillium digitatum*. **Current Microbiology**, v. 61, n. 4, p. 274-279, 2010.

LLORENS, E.; SCALSCHI, L.; FERNÁNDEZ-CRESPO, E.; LAPEÑA, L.; GARCÍA-AGUSTÍN, P. Hexanoic acid provides long-lasting protection in 'Fortune' mandarin against *Alternaria alternata*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 91, p. 38-45, 2015.

MACHADO, F. L. C.; COSTA, J. M. C.; BATISTA, E. M. Application of carnaúba-based wax maintains postharvest quality of 'Ortanique' tangor. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 261-266, 2012.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Brasil: MINOLTA Co. Ltda., 1994. 49 p.

MOSCOSO-RAMÍREZ, P. A.; PALOU, L. Evaluation of postharvest treatments with chemical resistance inducers to control green and blue molds on orange fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, p. 132-135, 2013.

MOULEHI, I.; BOURGOU, S.; OURGHEMMI, I.; TOUNSI, M. S. Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 39, p. 74-80, 2012.

MUENGKAEW, R.; CHAIPRASART, P.; WARRINGTON, I. Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl jasmonate. **Scientia Horticulturae**, v. 198, p. 70-77, 2016.

OLIVEIRA, J. C.; ALBUQUERQUE, G. M. R.; MARIANO, R. L. R.; GONDIM, D. M. F.; OLIVEIRA, J. T. A.; SOUZA, E. B. Reduction of the severity of angular leaf spot of cotton mediated by silicon. **Journal Plant Pathology**, v. 94, p. 297-304, 2012.

OLIVEIRA, M. B.; LOBO JÚNIOR, M.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; PETROFEZA, S. Exogenous application of methyl jasmonate induces a defense response and resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in dry bean plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 182, p. 13-22, 2015.

OLIVEIRA, M. D. M.; VARANDA, C. M. R.; FÉLIX, M. R. F. Induced resistance during the interaction pathogen x plant and the use of resistance inducers. **Phytochemistry Letters**, v. 15, p. 152-158, 2016.

OLIVEIRA, R. P.; MATTOS, M. L. T.; CANTILLANO, R. F. F.; SCIVITTARO, W. B.; JOÃO, P. L. **Produção integrada de citros no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 101 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 413).

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Cadeia produtiva de citros do Rio Grande do Sul. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 100, p. 4-6, 2014.

PACHECO, C. A.; AZEVEDO, F. A.; BARROS, V. N. P.; CRISTOFANI-YALI, M.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Characterization of fruits of Tangor™

x LP 290 for fresh fruit market. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 805-812, 2014.

PEREIRA, G. S.; MACHADO, F. L. C.; COSTA, J. M. C. Application of coating extends postharvest quality in the 'Valencia Delta' orange during ambient storage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 520-527, 2014.

PINTO, J.A.V.; THEWES, FR.; SCHORR, M.R.W.; CECONI, D.L.; BRACKMANN, A.; HAMANN, J.J.; FRONZA, D. Mass loss induction on physical and chemical qualities of 'Murcott' Tangor during cold storage. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1325-1332, 2015.

QUAGLIA, M.; EDERLI, L.; PASQUALINI, S.; ZAZZERINI, A. Biological control agents and chemicals inducers of resistance for postharvest control of *Penicillium expansum* Link. on apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 3, p. 307-315, 2011.

ROCHA NETO, A. C.; MARASCHIN, M.; DI PIERO, R. M. Antifungal activity of salicylic acid against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **International Journal of Food Microbiology**, v. 215, p. 64-70, 2015.

ROMANAZZI, G.; SANZANI, S. M.; BI, Y.; TIAN, S.; MARTÍNEZ, P. G.; ALKAN, N. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 82-94, 2016.

ROSA, C.; CLEMENTE, E.; OLIVEIRA, D. M.; TODISCO, K. M.; COSTA, J. M. C. Effects of 1-MCP on the post-harvest quality of the orange cv. Pera stored under refrigeration. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 624-632, 2016.

SAYYARI, M.; BABALAR, M.; KALANTARI, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; GUILLÉN, F.; SERRANO, M.; VALERO, D. Vapour treatments with methyl

salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates.

Food Chemistry, v. 124, p. 964-970, 2011.

SCHULTZ, B.; BORA, K. C.; NOGUEIRA, A. C.; AUER, C. G. Uso do silicato de potássio no controle de oídio em mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 93, 2012.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. Effect of nitrogen- fertilization on expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat.

Phytopathology, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 2012, p. 1-26, 2012.

SHOUKUI, E.; REN X.; LUY; ZHANG, Y.; WANG, Y; SUN, L.

Microemulsification of clove essential oil improves its in vitro and in vivo control of *Penicillium digitatum*. **Food Control**, v. 65, p. 106-111, 2016.

SIBOZA, X. I.; BERTLING, I.; ODINDO, A. O. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 18, p. 1722-1731, 2014.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Punus domestica*.

The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 19, p. 63-68, 1959.

TESFAY, S. Z.; BERTLING, I.; BOWER, J. P. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 2, p. 92-99, 2011.

WANG, Y.; LIU J. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates occurrence of citrus canker in susceptible navel Orange (*Citrus sinensis* Osbeck). **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 12, p. 1143-1149, 2012.

WONG, S. **Strongest evidence yet that neonicotinoids are killing bees**. New Scientist Live, 2017. Disponível em: <<https://www.newscientist.com/article/2139197-strongest-evidence-yet-that-neonicotinoids-are-killing-bees/>>. Acesso em: 26 set. 2017.

WU, Z. L.; YIN, X. B.; LIN, Z. Q.; BAÑAUÉLOS, G. S.; YUAN, L. X.; LIU, Y.; LI, M. Inhibitory effect of selenium against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. **Current Microbiology**, v. 69, n. 2, p. 192-201, 2014.

ZHAO, M. L.; WANG, J. N.; SHAN, W.; FAN, J. G.; KUANG, J. F.; WU, K. Q.; LI, X. P.; CHEN, W. X.; HE, F.Y.; CHEN, J. Y.; LU, W. J. Induction of jasmonate signaling regulators Ma MyC2s and their physical interactions with Mal CE1 in methyl jasmonate-induced chilling tolerance in banana fruit. **Plant, Cell & Environment**, v. 31, p. 1365-3040, 2012.

ZHU, F.; CHEN, J.; XIAO, X.; ZHANG, M.; YUN, Z.; ZENG, Y.; XU, J.; CHENG, Y.; DENG, X. Salicylic acid treatment reduces the rot of postharvest citrus fruit by inducing the accumulation of H₂O₂, primary metabolites and lipophilic polymethoxylated flavones. **Food Chemistry**, v. 207, p. 68-74, 2016.

ZHU, F.; YUN, Z.; QIAOLI, M.; GONG, Q.; ZENG, Y.; XU, J.; CHENG, Y.; DENG, X. Effects of exogenous 24-epibrassinolide treatment on postharvest quality and resistance of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 8-15, 2015.



Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

